

第一部分 无线网络优化概述

学习情景 1 认识无线网络优化

1.1 无线网络优化的必要性

自 1987 年第一部 TACS 移动电话在我国出现以来，移动电话以惊人的速度发展，目前全国移动电话用户已突破 12.9 亿人。

用户的大量增长使得无线网络的规模越来越大，对网络质量的要求也越来越高。但受话务密度分布不均匀、频率资源紧张、网络配置未达到最佳等因素的制约，现有网络的服务质量不尽如人意，巨额的投资并没有得到最高的收益。因此，在移动业务走向市场化的情况下，如何通过网络优化提高网络的利用率，成为运营商越来越关心的问题。

当今社会，城市正在发生着日新月异的变化，我们周围的环境也在不断发生变化，这将对无线传播环境带来巨大的影响。同时，容量的问题也随时会变为突出的问题。因此，必须定期或不定期地对移动通信网络进行优化、调整。

移动通信目前已有三家运营商，以后还可能会出现第四家或第五家，竞争将变得越来越激烈、越来越残酷。网络质量是所有运营商的生命线，质量的好坏直接与运营商的经济效益密切相关，各运营商必将把网络优化作为网络运行的大事来抓，随时监视网络的运行情况，尽可能使网络运行在最佳状态。

1.2 网络优化在整个网络建设中所处的阶段

移动通信网络工程的一般流程可以粗略地用图 1.1 表示。

从图 1.1 中可以看出，网络优化在网络开始运行时就已经存在了，并伴随着网络发展、运营的全过程。因为在“网络规划”和“工程设计”阶段，没有任何一种工具可将每个小区（或基站）的覆盖情况预测得和工程竣工后完全一样，也没有一种工具可以用来准确预测一个城市的话务分布，更没有一种电子地图可以绘制得如此之快，以致可以和城市建设完全同步。所以，优化必须是工程流程中的一个阶段，而且是一个很重要的阶段，并且只要网络在运行，优化就不能停止。

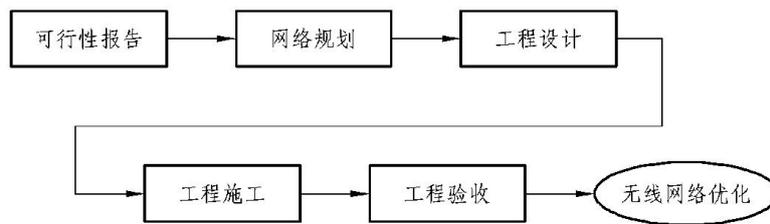


图 1.1 移动通信网络工程流程图

1.3 网络优化的目的

无线网络优化的目的在于对投入运行的网络进行参数采集、各类数据分析，找出影响网络质量的原因，通过技术手段或参数调整，使网络达到最佳运行状态，使网络资源获得最佳效益。

由图 1.1 可知，网络优化是一个循序渐进的过程，伴随着网络发展、建设的始终。

为启动无线网络优化，第一件事就是在一个大城市内检查每一个小区的覆盖情况。基于这个工作，下列各项优化工作可以容易而顺利地进行：调整覆盖区，使之接近原来设想的服务区；调整设备布局以与话务量分布相吻合；将每一个载频的干扰都减少到可以接受的程度，调整越区切换“滞后带”，以使越区切换次数更趋合理；分析掉话原因，并找出改善的方法；分析相对于服务区而言的覆盖百分比以期提高可服务率，尤其是在高层建筑的高层；在上述各

项无线网络优化工作完成之后，使网络处于操作人员控制之下；研究网络的结构和布局状况以便制订今后发展规划；最终，改善投资和经济效益。

1.4 网络优化的前提条件

网络优化是在网络正常运行的情况下进行的，确保各设备正常运行是网络优化的基础。如果设备存在故障（无论哪一方的问题，如天馈系统故障、TRX 故障、基站时钟故障、传输故障等），网络优化就变得没有意义了。通过网络优化可以发现一些设备的故障问题，但一旦得到确认必须先解决设备故障问题。

进行网络优化的前提条件是做好数据采集和网络评估工作，如图 1.2 所示。

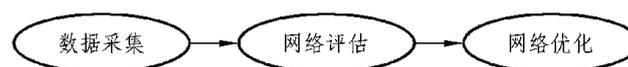


图 1.2 网络优化“三部曲”

数据采集包括：话务数据的采集、路测数据的采集、信令数据的采集、网络运行无线参数的采集、基站天馈系统硬件参数的采集。

1.5 网络优化的分类

无线网络优化的类型包括：

- (1) 清网排障：解决工程遗留下来的问题。
- (2) 弥补规划的不足：解决网络规划带来的误差。
- (3) 日常维护：时刻监视网络的运行情况，使其正常工作。
- (4) 阶段性网络优化：阶段性地对全网进行一次优化。

1. 清网排障

清网排障是网络优化中较基本的工作。因为在工程施工中难免会存在这样或那样的差错，

一般只有通过测试和性能的跟踪才能发现这些问题，因此网络优化的首要任务是使网络能正常运行，即保证一切设备运作都是正常的。在清网排障阶段经常发现的问题有：同小区中天线接反，同基站中天线接成鸳鸯线，天线驻波比不能满足要求，天线没有固定在抱杆上，天线倾斜等。

2. 弥补规划的不足

在现实中，网络规划往往由设计院来做，而设计院对当地的地理环境、人文环境了解不深，给出的规划方案往往与现实相差较远。因此，网络一旦安装开通，必须立即进行紧急优化，检测各基站小区的性能是否能满足实际的需求，比如主基站覆盖范围是否合理，天线方向角是否需要调整，天线高度是否需要改变，是否对现有网络产生较大的干扰等。

3. 日常维护

网络优化是一个长期的工作，每时每刻都必须关注现有网络的运行情况，追踪网络的发展规律，为后期的网络规划提供依据。日常维护包括：及时发现和处理设备的故障；对突发事件采取相应的应急措施，比如对大型的集会，增开应急车，或采取其他应急措施等；发现市区的话务热点，正确定义热点地区，为网络的扩容和提高网络质量提供重点考虑点；收集用户投诉，因为用户的意见是对网络质量的直接反映。

4. 阶段性网络优化

网络在运行中需要保证相对的稳定性，而经常调整网络将给网络带来很多不确定性因素，不利于网络的运行，因此每隔一段时间，可以进行一次阶段性的优化，将近期网络中存在的问题一次解决。阶段性网络优化要对网络进行一次全面的评估，评估后提出整改建议和意见，全盘考虑，统一调整，对容量和覆盖范围上存在问题的地方，进行统一规划，提出近期的规划方案，这样使网络规划和网络优化有机地结合在一起，形成一个闭合系统，实现良性循环。

1.6 网络优化的过程

网络优化是一个长期的工作，它贯穿网络发展的全过程。只有不断提高网络的质量，才能提高用户的满意度，增加市场竞争力。

日常网络优化可以通过收集 OMC-R 端的话务数据、路测数据和用户投诉，从这些数据中发现问题。例如，通过话务数据查找最差小区、问题小区以及性能突变小区，对存在无线问题的小区进行路测验证，及时解决由于设备故障导致的问题；随时跟踪问题小区，判断是否有城市环境的变化所引起的干扰，或是否有非法直放站的存在；跟踪市区热点地区的话务变化和开发区话务变化，为扩容提供依据。

阶段性网络优化可以通过收集近阶段 OMC-R 端的话务数据、路测数据和用户投诉，对网络做一个全面的评估，利用一些高端工具，如信令仪、语音评估系统等，对网络进行一些深层次的分析，提出整体的优化报告，同时可以根据现在的网络情况对下一阶段的规划提出要求。

从图 1.3 所示网络优化过程可以看出，优化流程是一个循序渐进的过程，也是一个闭环操作过程。

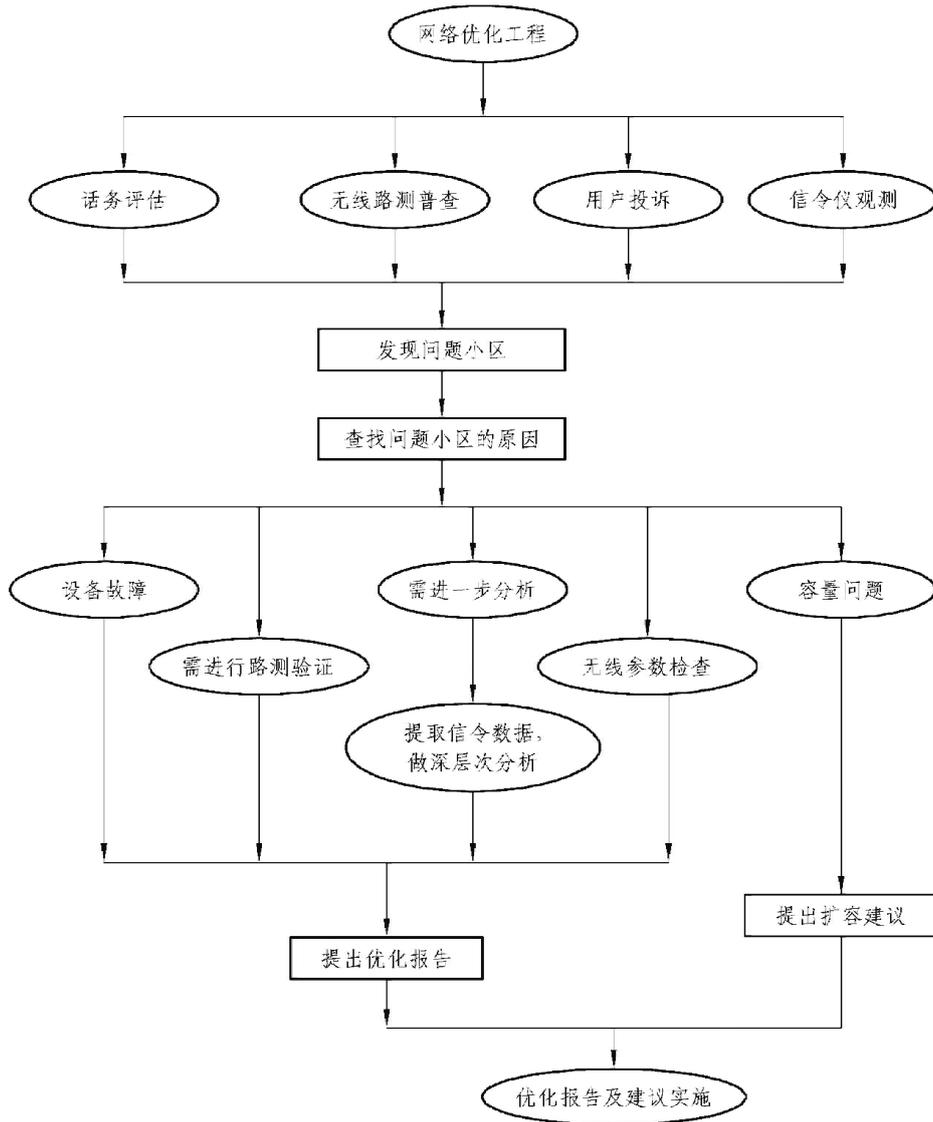


图 1.3 网络优化流程

1.7 网络优化安排以及实施

移动通信系统的网络优化工作是一项复杂、艰巨的系统工程，贯穿于网络规划、设计、工程建设和维护管理的全过程，各方面的调整相互牵连、相互影响。因此，在网络优化工作中应注意从全局出发。

网络优化工作的主要内容包括系统调查、数据分析、制订和实施优化方案等。

1.7.1 系统监测调查

在网络优化工作中，系统监测调查工作主要包括：

1. 确认监测目标和范围

利用 BSS 系统中固有的性能统计机制，定期对网络运行状态进行分析。只有当网络拥有相当数量的用户时，统计数据给出的结果才具备可靠性和真实性。

移动通信网络是一个动态的多维系统，一旦投入使用，它会在以下 4 个主要范畴里发生变化：

- (1) 终端用户的变化 (新的呼叫模型、用户的地理分布)；
- (2) 网络运行环境的变化 (新的建筑、道路、植被)；
- (3) 网络结构的变化 (覆盖范围、系统容量)；
- (4) 应用技术的变化 (新设备、新标准、新业务)。

因此，网络优化的系统监测工作将会伴随着目标网络的发展而循序渐进地变化，不可能一蹴而就。这就要求运行商和设备厂商之间密切配合，充分发挥设备能力，以保证终端用户得到优质的服务。

除了定期分析处理系统的观测数据以外，网络的日常维护、故障排除工作也是和网络的性能密切相关的。

2. 确定网络优化的对象和目标

网络中存在的问题和需要改进之处是指那些没有达到性能要求的部分。进行优化工作 (包括日常优化和阶段性优化) 的主要目的是解决：

- (1) 局部网络或个别网络单元 (小区) 的性能明显低于网络平均水平；
- (2) 一项或多项指标明显恶化；
- (3) 网络运营质量未达到运营商的预期目标；
- (4) 性能观测数据的定义。

当前各个设备生产厂家对移动通信系统的运行统计是由大量计数器完成的，并定期向 OMC 报告计数结果。每一个计数器都和移动通信系统中的某一网络单元的某一事件相关，即某一特定事件的发生会触发对应的计数器作加一计数，这样通过在某一观测时间段内对某一事件的发生次数进行统计，就得到了网络的运行统计。观测和分析 OMC 各计数器的数值，就可掌握网络的运行质量并进行故障分析，这就要求监测人员必须具备移动通信网络的呼叫控制、信道管理、干扰分析等基础知识。

3. 查看计数器观测周期和统计报表

计数器观测是指计数器的记录/刷新时间。在报表中一般有忙时监测和全天监测两类。忙时可分为网络忙时和系统单元忙时，前者由 NSS 话务统计的峰值时间确定，后者则为统计对象的话务峰值小时（如小区忙时）或系统负荷峰值时间。

往往有必要在一天中的多个观测时间段内采集数据以监测网络、单元等在一天中不同时间的话务变化和负荷变化。尤为值得一提的是，在进行干扰分析时，研究干扰强度的昼夜变化，有助于确定干扰性质，比如判断是系统内干扰还是外来干扰。

4. 确定网络性能报表的定义

计数器几乎记录了所有事件，但要准确地反映网络运行情况还需要对计数器的原始数据进行计算，从而得到网络性能报表。报表中的质量指标将网络性能的定量描述与终端用户对服务质量的感受直接联系起来，更便于理解和应用。质量指标主要有：掉话、呼叫困难、网络无法接入、话音质量问题。

一旦上述任何一方面出现问题，都会降低网络总体服务质量，必须及时处理。网络质量下降的原因可分为两类：

1) 硬件故障

如坏板或局部设备中断服务。这类故障一般会在 OMC 上产生相应的告警信息，维护人员须查明故障位置、类型并及时解决。

2) 软故障

系统仍然运行,但出现局部不稳定状态或处于非最佳状态,如干扰、邻小区定义不完整、PCM 工作不稳定等,从而导致服务质量下降,如掉话率上升、接通率下降等。这些问题必须由优化人员通过网络性能监测、分析并采取相应优化措施来解决。

对于软故障,通常采用 3 种方式进行故障监测和诊断:

(1) 将网络观测结果与要求的目标门限相比较:预先确定一组门限,一旦发现某些网络单元超标(如 5%掉话率),即定为优化对象,然后进行进一步分析和故障处理。需要强调的是,门限应根据网络的实际情况确定,同时还要考虑到:

- ① 局部与整体的关系。应集中力量解决个别超标小区。
- ② 网络维护水平。高水平的日常维护是提高网络性能的前提条件。
- ③ 网络的动态发展。不同规模、不同覆盖水平的网络显然要求不同的门限指标。

(2) 动态变化比较:当网络稳定运行时,各观测项目不应有大的浮动。一旦发现局部网络的性能突然恶化,如掉话率由 1%激增至 3%,应给予充分重视。通过预置变化量门限,可以筛选出这类问题,以保证网络的稳定运行。

(3) 找出 N 个最差小区:在日常优化工作中,每阶段对几个最差小区的故障处理可有效地提高整体网络性能指标。

1.7.2 数据采集

数据采集包括 OMC 话务统计数据采集、路测数据采集、CQT 测试数据采集、用户投诉情况收集以及其他仪表的测试结果采集等。其中,优化工程师日常优化依据的重点是 OMC 话务统计数据 and 路测数据。优化中评判网络性能的主要指标包括长途来话接通率、语音接通率、信道可用率、掉话率、接通率、拥塞率、话务量和切换成功率等,这些也是话务统计数据采集的重点。路测数据的采集主要通过路测设备定性、定量、定位地测出网络无线下行的

覆盖切换、质量现状等，通过对无线资源的地理化普查，确认网络现状与规划的差异，找出网络干扰、盲区地段，掉话和切换失败较高的地段。然后，对路测采集的数据进行分析，如测试路线的地理位置信息、测试路线区域内各个基站的位置及基站间的距离、各频点的场强分布、覆盖情况、接收信号电平和质量、邻小区状况、切换情况等，找出问题的所在，从而提出解决方案。

1. OMC 数据采集

(1) 收集与优化有关的 BSS 和 NSS 各种软、硬件参数。例如：基站数、每个基站的小区结构和话音信道数，基站的 BSIC、小区号、小区系统类型、信道类型，小区的 CGI、BCCH 载频号、小区载频数及跳频方式，邻区关系定义，切换数据，功率控制数据以及系统消息数据等。

(2) 收集话务统计数据。OMC 话务统计数据是了解网络性能指标的一个重要途径，它反映了无线网络的实际运行状态。统计数据应包括：忙时 TCH 的业务量；忙时每 PCH 的业务量；忙时每 AGCH 的业务量；忙时越区切换请求次数；忙时位置登记请求次数；忙时 No. 7 信令信道拥塞情况；一定数量通话跟踪的 SACCH 信息采集；在采集上述统计数据和 BSS 参数搜集并详细分析的基础上，对某些特定信息在 A 接口上的提取；忙时掉话次数；忙时成功呼叫接通率；其他方面系统的工作失常现象；需要的其他统计资料。

2. 其他数据的采集

我们应根据话务统计分析的结果和用户投诉情况进行路测。路测采集的数据包括：测试路线区域内各个基站的位置、基站间的距离、各频点的场强分布、接收信号的电平和质量、邻小区状况、覆盖和切换情况、测试路线的地理位置信息等。通过路测数据可以判断无线小区的实际覆盖范围及干扰区，分析干扰源；观察信令接续过程，检查邻区关系和切换参数；验证天馈系统实际安装情况；利用信令分析仪可以采集和分析 Abis 口数据、A 接口数据、网

络的上行信号数据，并与路测得的下行信号对比，从而全面了解网络状态。这样，各小区掉话、切换等事件发生的主要原因和场所都能正确定位。

由此可见，通过分析 OMC 采集的数据，不仅能获得各基站小区的参数配置和网络各项质量指标，还可以找出网络大致存在的问题，在进行有计划的路测后，就可以得出各种问题的相应解决方法。此外，对比网络优化前后的话务统计数据可以验证网络优化调整的正确性。利用测试仪表进行干扰和场强的测试，利用测试手段进行呼叫测试，利用测试分析软件分析数据，可以得到场强覆盖、同频和邻频干扰以及切换等情况。

天馈线资料的收集，包括所使用的天馈线类型、馈线衰耗、驻波比、天线增益、天线挂高、天线方向角、天线俯仰角等。

1.7.3 数据分析和问题的定位

网络问题主要从干扰、掉话、无线接通率和切换四个方面来进行分析。

1. 无线接通率分析

影响无线接通率的主要因素是 TCH 的拥塞和 SDCCH 的拥塞，以及 TCH 的分配失败。因此若要提高该指标，必须要进行话务均衡和分配失败率的分析处理。话务均衡是指各小区载频应得到充分利用，避免某些小区拥塞，而另一些小区基本无话务的现象。通过话务均衡可以减小拥塞率，提高接通率，减少由于话务不均引起的掉话，使通信质量进一步改善。话务均衡问题的定位手段包括分析话务统计数据（话务量、接通率、拥塞率、掉话率、切换成功率）、路测和用户反映。话务不均衡的原因主要表现在：基站天线挂高、俯仰角、发射功率设置不合理，小区覆盖范围较大，导致该小区话务量较高，造成与其他基站话务量不均衡；由于地理原因，小区处于商业中心或繁华地段，手机用户多而造成该小区相对其他小区话务量高；小区参数，如允许接入最小电平等设置不合理而导致话务量不均衡；小区优先级参数设置未综合考虑等。

2. 掉话分析

掉话问题的定位主要通过分析话务统计数据、用户反映、路测、无线场强测试、呼叫质量拨打测试 (CQT) 等方法。然后, 通过分析信号场强分布、信号干扰情况、参数设置是否合理等, 找出掉话原因。

3. 干扰分析

移动通信系统是干扰受限系统, 干扰会使误码率增加, 降低话音质量, 甚至发生掉话。一般规定误码率在 3% 左右, 如果误码率超出 10%, 则话音质量已经不可容忍。因此, 通常对载波干扰设置一定的门限, 规定同频道载干比 $C/I > 9$ dB、邻频道载干比 $C/A \geq -9$ dB。通话干扰的定位手段包括分析话务统计数据、话音质量差引起的掉话率、干扰带分布、用户反映、路测及呼叫质量拨打测试 (CQT) 等。

4. 切换分析

切换失败的分析定位必须要和其他指标的分析结合起来, 首先检查是否是目标小区的信道由于出现拥塞、硬件故障、传输故障而导致无法指配; 其次分析是否和无线干扰有关, 导致 MS 无法占用系统所分配的信道; 接下来应检查是否和切换参数及切换邻小区参数定义有关, 或是出现了孤岛效应 (漂移小区与其相邻小区同 BCCH、BSIC); 最后应检查是否为 NSS 部分数据或路由定义有误。

1.7.4 优化方案制订及优化调整实施

系统调整的内容包含提高交换机处理效率, 增加容量, 调整信道数, 变更基站位置, 变更天线位置, 改变倾角, 变更切换参数、频率、小区参数等, 以及在覆盖忙区或高话务量地区增加信道或设置微蜂窝等。

下面就网络频率计划、邻区关系、小区覆盖范围和话务流量等方面的调整说明优化过程, 并提供一些优化前后的统计数据进行比较。

1. 频率计划调整

通过分析 BSC 频率配置数据和 OMC 话务统计报告，我们曾经发现某些小区个别载频存在干扰，表现为其受到的干扰电平不是处于正常时的干扰电平带域 1 内，而是处于干扰电平带域 3 或 4。路测结果显示这些小区的覆盖区域存在一定的重叠，而频点的配置存在着邻频。针对其中部分小区的频点进行调整后，上述干扰问题明显改善。

2. 邻区关系调整

正确、完整的邻区关系非常重要。邻区关系过少，会造成大量掉话；邻区关系过多，会导致测量报告的精确性降低。这两种情况都会造成网络质量的恶化和掉话。

分析 OMC 中的 TCH 性能测量和小区间切换性能测量两个统计报表数据，发现切入、切出 B2 和 B3 小区的切换请求次数很多，两个小区的话务和信令流量也很大，C3 小区的掉话率较大。检查 BSC 内的邻区关系设置，发现 C3 小区没有做基站 A 的邻区关系。通过这样的分析后对网络中的邻区关系做出调整，使网络的资源得以充分利用，各相关小区的话务分布更趋合理，各小区射频丢失率、掉话率均有不同程度的降低，网络性能得到明显改善。

3. 小区覆盖范围调整

基站小区的覆盖范围是衡量移动通信网服务质量的重要指标之一。将路测得出的小区实际覆盖情况和 OMC 话务分析相结合，可以对各相邻小区的话务均衡提供直接参考依据，是防止同、邻频干扰的必要步骤。

调整基站的发射功率，天线高度、下倾角，是调整基站覆盖范围的常用方法。降低基站的发射功率、天线高度，增大天线下倾角都会减少基站对其他同邻频小区内移动台的干扰，但会使基站的覆盖范围变小，并且可能引入盲区。对于室内覆盖较差的情况，除了通过建设室内微蜂窝基站加以解决外，还可以通过降低参数“MS 最小接收信号电平”(MSRXLEV-ACCESS-MIN)使室内覆盖得到一定程度的改善，但通话质量有可能会因此下降。此外，小区参数“最大时间提前量”的设置，决定了该小区进行信道分配和切换的服务范围，取值过小

会导致掉话。因此，进行小区覆盖范围的调整时要权衡考虑。

4. 话务调整

频率计划、邻区关系和小区覆盖范围的调整事实上已经起到了一定的话务均衡作用。此外，分析话务统计的结果、检查 BSC 内小区参数的设置可以得出不同的改善措施：

(1) 增加信道或基站。这是解决由于无线信道的不足而引起网络拥塞的最好办法，但需要对全网频率进行重新规划或调整。

(2) 调整小区参数。小区重选偏移 (CRO)、接入允许保留块数 (BS AG BLKS RES)、相同寻呼间帧数编码 (BS PA MFRMS)、各类切换门限参数和余量参数等都会影响小区内的话务量。通过对这些参数的合理设置，可以鼓励或阻碍移动台进入某些小区，从而达到平衡网络业务量的目的。